

POSITION DETECTOR

Publication Number: 07-086135 (JP 7086135 A) , March 31, 1995

Inventors:

- MIYAJI TAKASHI

Applicants

- NIKON CORP (A Japanese Company or Corporation), JP (Japan)

Application Number: 05-228706 (JP 93228706) , September 14, 1993

International Class (IPC Edition 6):

- H01L-021/027
- G03F-007/207

JAPIO Class:

- 42.2 (ELECTRONICS--- Solid State Components)
- 29.1 (PRECISION INSTRUMENTS--- Photography & Cinematography)

JAPIO Keywords:

- R002 (LASERS)
- R044 (CHEMISTRY--- Photosensitive Resins)

Abstract:

PURPOSE: To accurately detect the focus position on the exposed surface of a moving wafer and to feed the focus position thus detected to a servo system in a step and scan system aligner.

CONSTITUTION: A measuring point PA2 on a wafer 15 within an exposed region 16 and a measuring point PB2 on this side in the scanning direction (X direction) are detected by means of AF sensors 25A2, 25B2. Focus signals SA2, SB2 from amplifiers 32A2, 32B2 are multiplied by weighting coefficients K1, K2 and added through an adder 37D2 to produce a reference focus signal SD2. The focus signal SD2 is fed to a wafer drive system 24 which adjusts three fulcrums 18A-18C.

JAPIO

© 2004 Japan Patent Information Organization. All rights reserved.
Dialog® File Number 347 Accession Number 4793535

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-86135

(43)公開日 平成7年(1995)3月31日

(51)Int.Cl.⁶
H 01 L 21/027
G 03 F 7/207

識別記号 庁内整理番号
H 9122-2H
7352-4M

F I
H 01 L 21/ 30

技術表示箇所
5 2 6 B

審査請求 未請求 請求項の数2 O.L (全9頁)

(21)出願番号

特願平5-228706

(22)出願日

平成5年(1993)9月14日

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 宮地 敬

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

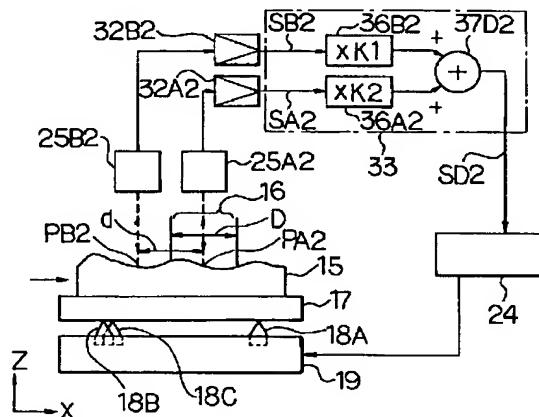
(74)代理人 弁理士 大森 聰

(54)【発明の名称】 位置検出装置

(57)【要約】

【目的】 ステップ・アンド・スキャン方式の露光装置において、移動しているウエハの露光面のフォーカス位置を正確に検出してサーボ系にフィードバックする。

【構成】 露光領域16内のウエハ15上の計測点PA2、及び走査方向(X方向)に手前側の計測点PB2でのフォーカス位置をAFセンサー25A2及び25B2により検出し、増幅器32A2及び32B2からのフォーカス信号SA2及びSB2に重み係数K1及びK2を掛けて加算器37D2で加算して基準となるフォーカス信号SD2を得る。フォーカス信号SD2をウエハ駆動系24に供給し、ウエハ駆動系24が3個の支点18A～18Cの伸縮量を調整する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定形状の照明領域に対して転写用のパターンが形成されたマスクを所定の方向に走査するマスクステージと、該マスクステージに同期して感光性の基板を所定の方向に走査する基板ステージと、該基板ステージに設けられ前記基板の露光面の前記マスク方向の高さに応じて前記基板の高さを調整する高さ調整手段とを有し、前記基板の高さを調整しつつ前記マスクのパターンを逐次前記基板上に露光する走査型の露光装置に設けられ、前記高さ調整手段に対して供給するための前記基板の露光面の高さに対応する信号を検出する装置において、

前記マスクのパターンの露光領域内の計測点及び該露光領域に対して走査方向に手前側の領域内の計測点よりも複数の計測点で前記基板の露光面の高さに対応する信号を検出する高さ検出手段と、該高さ検出手段により検出された前記複数の計測点の高さに対応する信号を、前記基板ステージの移動速度、前記マスクのパターンの露光領域の走査方向の幅、及び前記複数の計測点の配置より定まる重み係数を付けて加算することにより、前記マスクのパターンの露光領域内の所定の基準点での前記基板の露光面の高さに対応する信号を求める高さ演算手段と、を有し、該高さ演算手段で求められた高さに対応する信号を前記高さ調整手段に供給することを特徴とする位置検出装置。

【請求項2】 前記高さ検出手段で検出対象となる複数の計測点は前記基板の走査方向に平行な異なる複数の直線上に分布する3個以上の計測点であり、

前記高さ検出手段により検出された前記複数の計測点の高さに対応する信号を最小自乗法で処理して前記基板の露光面の面形状を算出する面形状演算手段を設けたことを特徴とする請求項1記載の位置検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、位置検出装置に関し、特に、例えば矩形又は円弧状等のスリット状の照明領域に対してレチクル及び感光性の基板を同期して走査することにより、レチクル上のパターンをその基板上の各ショット領域に逐次露光する所謂ステップ・アンド・スキャン方式の露光装置の、オートフォーカス機構又はオートレベリング機構に適用して好適なものである。

【0002】

【従来の技術】 従来より、半導体素子、液晶表示素子又は薄膜磁気ヘッド等をフォトリソグラフィー技術を用いて製造する際に、フォトマスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）のパターンを投影光学系を介して、フォトレジスト等が塗布されたウエハ（又はガラスプレート等）上に露光する投影露光装置が使用されている。一般に投影露光装置では高い解像度が要求され、

装着されている投影光学系の開口数は高いため、投影像の焦点深度（フォーカスマージン）は開口数の自乗に反比例して減少している。そこで、ウエハの各ショット領域を投影光学系の結像面に対して焦点深度の範囲内で合わせ込むために、従来より投影露光装置には、露光フィールド内の所定の基準点でのウエハのフォーカス位置を投影光学系による結像面に合わせ込むためのオートフォーカス機構、及び露光フィールド内のウエハの露光面の傾斜角を結像面に平行に設定するためのオートレベリング機構が設けられている。

【0003】 それらの内の従来のオートフォーカス機構は、ウエハの各ショット領域内の所定の計測点のフォーカス位置（投影光学系の光軸方向の位置）の結像面からのデフォーカス量を検出するための焦点位置検出センサー（以下、「AFセンサー」という）と、そのデフォーカス量を許容範囲内に収めるためのサーボ系とより構成されている。一方、オートレベリング機構は、ウエハの各ショット領域の傾斜角の結像面の傾斜角からのずれ量を検出するレベリングセンサーと、その傾斜角のずれ量を許容範囲内に収めるためのサーボ系とより構成されている。

【0004】 これに関して、従来一般に使用されていた一括露光方式の投影露光装置（ステッパー等）では、フォーカス位置の検出対象であるウエハが露光中静止しているため、投影光学系の開口数が更に大きくなつた場合でも、デフォーカス量を検出するAFセンサーの分解能及び精度を向上し、サーボ系内のZステージのメカニズムを高精度化する等により、焦点深度の減少に対応することが可能である。同様にオートレベリング機構についても、一括露光方式では高精度化に対応できていた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 最近は、半導体素子等の1個のチップパターンが大型化する傾向にあり、投影露光装置においては、レチクル上のより大きな面積のパターンをウエハ上に露光する大面積化が求められている。また、半導体素子等のパターンが微細化するのに応じて、投影光学系の解像度を向上することも求められているが、投影光学系の解像度を向上するためには、投影光学系の露光フィールドを大きくすることが設計上あるいは製造上難しいという不都合がある。特に、投影光学系として、反射屈折系を使用するような場合には、無収差の露光フィールドの形状が円弧状の領域となることもある。

【0006】 斯かる転写対象パターンの大面積化及び投影光学系の露光フィールドの制限に応えるために、例えば矩形、円弧状又は6角形等の照明領域（これを「スリット状の照明領域」という）に対してレチクル及びウエハを同期して走査することにより、レチクル上のそのスリット状の照明領域より広い面積のパターンを逐次ウエハ上の各ショット領域に露光する所謂ステップ・アンド

・スキャン方式の投影露光装置が開発されている。

【0007】この種の投影露光装置においても、走査露光中のウエハの露光面を結像面に合わせ込むためのオートフォーカス機構及びオートレベリング機構が必要である。しかしながら、ステップ・アンド・スキャン方式の場合には、フォーカス位置の検出対象であるウエハが露光中に移動するため、AFセンサー及びサーボ系等が所定の応答速度を有することにより、単にAFセンサーやサーボ系等のメカニズムを高精度化しただけでは、ウエハの露光面を結像面に対して焦点深度の範囲内で合わせ込むことが困難であるという不都合がある。

【0008】本発明は斯かる点に鑑み、ステップ・アンド・スキャン方式の露光装置において、移動しているウエハの露光面のフォーカス位置（高さ）又は平均的な面の傾斜角を正確に検出してサーボ系にフィードバックできる位置検出装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明による位置検出装置は、例えば図1及び図6に示すように、所定形状の照明領域（8）に対して転写用のパターンが形成されたマスク（7）を所定の方向に走査するマスクステージ

（9）と、このマスクステージに同期して感光性の基板（15）を所定の方向に走査する基板ステージ（20）と、この基板ステージに設けられ基板（15）の露光面のそのマスク方向（Z方向）の高さに応じて基板（15）の高さを調整する高さ調整手段（17, 19, 24）とを有し、基板（15）の高さを調整しつつマスク（7）のパターンを逐次基板（15）上に露光する走査型の露光装置に設けられ、高さ調整手段（17, 19, 24）に対して供給するための基板（15）の露光面の高さに対応する信号を検出する装置である。

【0010】そして、本発明は、マスク（7）のパターンの露光領域（16）内の計測点（PA2）及び露光領域（16）に対して走査方向に手前側の領域内の計測点（PB2）よりなる複数の計測点で基板（15）の露光面の高を検出する高さ検出手段（25A2, 25B2）と、この高さ検出手段から出力されるそれら複数の計測点の高さに対応する計測信号（SA2, SB2）を、基板ステージ（20）の移動速度、そのマスクのパターンの露光領域（16）の走査方向の幅、及びそれら複数の計測点の配置より定まる重み係数（K1, K2）を付けて加算することにより、そのマスクのパターンの露光領域（16）内の所定の基準点での基板（15）の露光面の高さに対応する信号（SD2）を求める高さ演算手段（33）とを有し、この高さ演算手段で求められた高さに対応する信号（SD2）を高さ調整手段（17, 19, 24）に供給するものである。

【0011】この場合、その高さ検出手段で検出される複数の計測点を、例えば図2に示すように、その基板の走査方向（X方向）に平行な異なる複数の直線上に分布

する3個以上の計測点（PA1～PA3, PB1～PB3）として、その高さ検出手段により検出されたそれら複数の計測点の高さを最小自乗法で処理して基板（15）の露光面の面形状を算出する面形状演算手段（33）を設けることが望ましい。

【0012】

【作用】斯かる本発明の原理につき説明する。先ず図3に示すように、移動する基板（15）上の露光領域（16）にマスクのパターンが露光されるものとして、基板（15）が露光領域（16）に対して右方向に走査されるものとする。例えばその露光領域（16）内の中央の一点（PA2）の高さを高さ検出手段（25A2）で検出することを考える。遅延時間が無いものとして、その高さ検出手段（25A2）からの出力信号を時系列で示すと、図4（b）の曲線（34A）で示すように基板（15）の表面の凹凸を表す信号となる。この信号を高さ調整手段（17, 19, 24）に供給して基板（15）の高さを調整すれば、走査中のダイナミックなオートフォーカスが実現できる。

【0013】しかしながら、実際には、高さ検出手段（25A2）からの検出信号は、図4（b）の曲線（35A）で示すように遅延すると共に、サーボループを組んだ場合の全体の制御系には応答の制限があるため、追従誤差を生じ、それがフォーカス残差となる。このフォーカス残差は、基板（15）の移動速度が小さい内は僅かであるが、基板（15）の移動速度が速くなり、観測される出力信号の時系列の周波数と制御系の応答周波数とが同じオーダーとなるような場合は大きなフォーカス残差が残ることになる。

【0014】本発明では斯かる不都合を解決するため、図3に示すように、露光領域（16）内の計測点（PA2）の高さを検出する高さ検出手段（25A2）と、露光領域（16）内の計測点に先行する計測点（PB2）の高さを検出する高さ検出手段（25B2）とを設け、これら複数の高さ検出手段からの出力信号に重み付けをした後に加算することで、全体の制御系の応答の制限による位相の遅れを改善している。以下にその原理を説明する。

【0015】図2（a）は本発明での高さ検出手段の配置の一例を示し、この図2（a）において、マスクパターンの露光領域（16）内の非走査方向への一列の計測点（PA1～PA3）、及びこの一列の計測点の両側の2列の計測点（PB1～PB3、及びPC1～PC3）の高さ検出を行うための高さ検出手段が設けられている。個々の高さ検出手段は対応する計測点での基板（15）の高さを検出できるものであればよく、その方式は何でもよい。また、図2（a）は計測点の配置の一例であり、最低限3列の配置があればよく、図2（a）の配置には限定されない。そして、基板（15）がX方向に走査される場合には、A列の計測点（PA1～PA3）

及びB列の計測点（PB 1～PB 3）の検出結果が使用され、基板（15）が-X方向に走査される場合には、A列の計測点（PA 1～PA 3）及びC列の計測点（PC 1～PC 3）の検出結果が使用される。

【0016】図3に示すように、基板（15）が右方向（X方向）に走査されるものとして、例えば計測点（PA 2, PB 2）に対する高さ検出手段（25A2, 25B2）の検出結果を使用する。この場合、遅延時間が無いものとした場合の高さ検出手段（25A2, 25B2）からの出力信号（これを「元の信号」という）は、それぞれ図4（b）及び（a）の実線の曲線（34A）及び（34B）で示すようになり、制御系の応答の制限により位相遅れが加わった実際の高さ検出手段（25A2, 25B2）からの出力信号は、それぞれ図4（b）及び（a）の点線の曲線（35A）及び（35B）で示すようになる。即ち、計測点（PB 2）の信号は計測点（PA 2）の信号に対して位相の進みがあると共に、各信号は全体の制御系の遅れによりそれぞれ元の信号に対して所定の位相遅れを有する。

【0017】図5は、高さ検出手段（25A2, 25B2）からの出力信号をベクトル表記したものであり、実線のベクトル（SB2₀）及び（SA2₀）はそれぞれ計測点（PB 2）及び計測点（PA 2）での元の信号を表し、点線のベクトル（SB2）及び（SA2）はそれぞれ計測点（PB 2）及び計測点（PA 2）での実際の位相遅れが加わった信号を表す。そして、求めるべきは、計測点（PA 2）でのベクトル（SA2₀）で表される元の信号である。そこで、実際に検出されるベクトル（SB2）及び（SA2）に対して適当な重み係数を掛けた後、これらを加算することによりベクトル（SD2）が得られるが、このベクトル（SD2）は元のベクトル（SA2₀）に近い信号を表している。このようなベクトル上での加算は実際には時系列上での単なる加算で実行される。そのベクトル（SD2）に対応する信号を用いて、基板（15）の高さを制御することにより、位相遅れが補償される。

【0018】次に、図6に示すように、高さ検出手段（25B2, 25A2）の出力信号に対してそれぞれ重み係数（ゲイン）K1及びK2を掛けて加算して得られた信号（SD2）を高さ調整手段（17, 19, 24）に供給し、高さ調整手段（17, 19, 24）が内部でサーボ信号を生成して基板（15）が載置されているステージ（17）を駆動するものとする。このサーボ信号による基板（15）の高さ方向への駆動は、高さ検出手段（25B2, 25A2）の出力信号に反映され、結果として全体の制御系は閉ループの制御系を構成する。この場合、重み係数K1及びK2の比は高さ方向への変位の時系列信号（SA2, SB2）の周波数に依存し、これは基板（15）の移動速度に依存するパラメータとなる。

【0019】今、全体の系の応答制限（カットオフ周波数）をF_nとすると、この系は周波数F_nの信号に対してπ/8の遅れを生じる。但し、ここでは系を1次遅れとみなしている。また、露光領域（16）の中で1周期となる基板（15）の凹凸を考える。有限の面積を持つ露光領域（16）に対するオートフォーカス又はオートレベリングを考えた場合には、その露光領域（16）の走査方向への幅より小さい周期の基板（15）の表面の凹凸については、原理的に追従不可能であるため、この周波数F_nが系が追従しなければならない最も高い周波数となる。この周波数F_nは、露光領域（16）の走査方向の幅をD、基板（15）の移動速度をDとすると、次式のように表される。

【0020】

$$【数1】 F_n = D/V$$

そして、図6に示すように計測点（PA 2）と計測点（PB 2）との走査方向の間隔をdとすると、その周波数の信号における計測点（PA 2）の信号と計測点（PB 2）の信号との間の位相差φ_{AB}は、次のようにになる。

【0021】

$$【数2】 \phi_{AB} = \pi (d/D)$$

そして、図5に示すように、ベクトル加算により位相遅れの補償を図るために、重み係数K1及びK2の比（K1/K2）を1とした場合には、その位相差φ_{AB}がπ/4であれば、加算後のベクトル（SD2）が元のベクトル（SA2₀）と同じ位相になる。このときには、（数2）より次の関係が導かれる。

【0022】

$$【数3】 \pi (d/D) = \pi/4, 即ち, d = D/4$$

基板（15）の凹凸の空間周波数が低周波数側に寄っている場合には、計測点（PA 2）と計測点（PB 2）との間隔dを短くすれば良いのであるが、動作中に高さ検出手段の間隔を変えることは一般に多くの困難を伴う。そこで、本発明においては、例えば重み係数K1及びK2の比K1/K2を変えることにより、間隔dを変えるのと同等の作用効果を得ている。実際に基板（15）の表面の凹凸の空間周波数分布が不明な場合には、フォーカス残差をモニターしながら例えばその比K1/K2を調整すればよい。

【0023】次に、図2（a）において基板（15）がX方向に走査されるものとして、高さ検出手段で検出される複数の計測点を、例えばその基板の走査方向（X方向）に平行な異なる複数の直線上に分布する3個以上の計測点（PA 1～PA 3, PB 1～PB 3）として、その高さ検出手段により検出されたそれら複数の計測点の高さを最小自乗法で処理して基板（15）の露光面の面形状を算出する面形状演算手段（33）を設けた場合には、先読みした高さデータに基づいて基板（15）の露光面の平均的な面が求められる。この平均的な面を基準面（例えば投影光学系を有する場合には、投影光学系に

よる結像面)に平行にすることにより、オートレベリングが実行される。

【0024】

【実施例】以下、本発明による位置検出装置の一実施例につき図面を参照して説明する。本実施例は、ステップ

・アンド・スキャン方式の投影露光装置のオートフォーカス機構及びオートレベリング機構に本発明を適用したものである。図1は本実施例の投影露光装置の全体構成を示し、この図1において、光源及びオプティカルインテグレータ等を含む光源系1からの露光光ILが、第1リレーレンズ2、レチクルブラインド(可変視野絞り)3、第2リレーレンズ4、ミラー5、及びメインコンデンサーレンズ6を介して、均一な照度でレチクル7上の矩形の照明領域8を照明する。レチクルブラインド3の配置面はレチクル7のパターン形成面と共役であり、レチクルブラインド3の開口の位置及び形状により、レチクル7上の照明領域8の位置及び形状が設定される。光源系1内の光源としては、超高压水銀ランプ、エキシマーレーザ光源、又はYAGレーザの高調波発生装置等が使用される。

【0025】レチクル7の照明領域8内のパターンの像が、投影光学系PLを介してフォトレジストが塗布されたウエハ15上の矩形の露光領域16内に投影露光される。投影光学系PLの光軸AXに平行にZ軸を取り、光軸AXに垂直な2次元平面内で図1の紙面に平行な方向にX軸を、図1に紙面に垂直な方向にY軸を取る。本実施例では、スキャン方式で露光する際のレチクル7及びウエハ15の走査方向はX軸に平行である。

【0026】レチクル7はレチクルステージ9上に保持され、レチクルステージ9はレチクルベース10上に例えばリニアモータによりX方向に所定速度で駆動されるよう支持されている。レチクルステージ9のX方向の一端に固定された移動鏡11でレーザ干渉計12からのレーザビームが反射され、レーザ干渉計12によりレチクル7のX方向の座標が常時計測されている。レーザ干渉計12で計測されたレチクル7の座標情報は、装置全体の動作を制御する主制御系13に供給され、主制御系13は、レチクル駆動系14を介してレチクルステージ9の位置及び移動速度の制御を行う。

【0027】一方、ウエハ15は、ウエハホルダー17上に保持され、ウエハホルダー17は3個の伸縮自在なピエゾ素子等よりなる支点(図6の支点18A～18C)を介してZレベリングステージ19上に載置され、Zレベリングステージ19はXYステージ20上に載置され、XYステージ20はウエハベース21上に2次元的に摺動自在に支持されている。Zレベリングステージ19は、3個の支点を介してウエハホルダー17上のウエハ15のZ方向の位置(フォーカス位置)の微調整を行うと共に、ウエハ15の露光面の傾斜角の微調整を行う。更にZレベリングステージ19は、ウエハ15のZ

方向への位置の粗調整をも行う。また、XYステージ20は、Zレベリングステージ19、ウエハホルダー17及びウエハ15をX方向及びY方向に位置決めすると共に、走査露光時にウエハ15をX軸に平行に所定の走査速度で走査する。

【0028】XYステージ20に固定された移動鏡22で外部のレーザ干渉計23からのレーザビームを反射することにより、レーザ干渉計23によりXYステージ23のXY座標が常時モニターされ、検出されたXY座標が主制御系13に供給されている。主制御系13は、ウエハ駆動系24を介してXYステージ20及びZレベリングステージ19の動作を制御する。スキャン方式で露光を行う際には、投影光学系PLによる投影倍率を β として、レチクルステージ9を介してレチクル7を照明領域8に対して-X方向(又はX方向)に速度 V_R で走査するのと同期して、XYステージ20を介してウエハ15を露光領域16に対してX方向(又は-X方向)に速度 V_w (= $\beta \cdot V_R$)で走査することにより、レチクル7のパターン像が逐次ウエハ15上に露光される。

【0029】次に、本実施例におけるウエハ15の露光面のZ方向の位置(フォーカス位置)を検出するためのAFセンサー(焦点位置検出系)の構成について説明する。本実施例では、9個の同じ構成のAFセンサーが配置されているが、図1ではその内の3個のAFセンサー25A2、25B2、25C2を示す。先ず中央のAFセンサー25A2において、光源26A2から射出されたフォトレジストに対して非感光性の検出光が、送光スリット板27A2内のスリットパターンを照明し、そのスリットパターンの像が対物レンズ28A2を介して、投影光学系PLの光軸AXに対して斜めに露光領域16の中央に位置するウエハ15上の計測点PA2に投影される。計測点PA2からの反射光が、集光レンズ29A2を介して振動スリット板30A2上に集光され、振動スリット板30A2上に計測点PA2に投影されたスリットパターン像が再結像される。

【0030】振動スリット板30A2のスリットを通過した光が光電検出器31A2により光電変換され、この光電変換信号が増幅器32A2に供給される。増幅器32A2は、振動スリット板30A2の駆動信号により光電検出器31A2からの光電変換信号を同期検波し、得られた信号を増幅することにより、計測点PA2のフォーカス位置に対して所定範囲でほぼ線形に変化するフォーカス信号を生成し、このフォーカス信号を面位置算出系33に供給する。同様に、他のAFセンサー25B2は、計測点PA2に対して-X方向側の計測点PB2にスリットパターン像を投影し、このスリットパターン像からの光が光電検出器31B2で光電変換して、増幅器32B2に供給する。増幅器32B2は、計測点PB2のフォーカス位置に対応するフォーカス信号を面位置算出系33に供給する。同様に、AFセンサー25C2

は、計測点 P A 2 に対して X 方向側の計測点 P C 2 にスリットパターン像を投影し、このスリットパターン像からの光を光電検出器 3 1 C 2 で光電変換して、増幅器 3 2 C 2 に供給する。増幅器 3 2 C 2 は、計測点 P C 2 のフォーカス位置に対応するフォーカス信号を面位置算出系 3 3 に供給する。

【0031】この場合、AF センサー 2 5 A 2 ~ 2 5 C 2 からの光電変換信号から増幅器 3 2 A 2 ~ 3 2 C 2 により得られたフォーカス信号は、それぞれ計測点 P A 2 ~ P C 2 が投影光学系 P L による結像面に合致しているときに 0 になるようにキャリブレーションが行われている。従って、各フォーカス信号は、それぞれ計測点 P A 2 ~ P C 2 のフォーカス位置の結像面からのずれ量（デフォーカス量）に対応している。

【0032】図 2 (a) は本例でのウエハ 1 5 上の計測点の分布を示し、この図 2 (a)において、X 方向の幅が D の矩形の露光領域 1 6 内の中央の Y 方向に伸びた直線に沿って 3 個の計測点 P A 1 ~ P A 3 が配列され、計測点 P A 1 ~ P A 3 からそれぞれ -X 方向に間隔 d だけ離れた位置に計測点 P B 1 ~ P B 3 が配列され、計測点 P A 1 ~ P A 3 からそれぞれ X 方向に間隔 d だけ離れた位置に計測点 P C 1 ~ P C 3 が配列されている。計測点 P A 2 が露光領域 1 6 の中央部に位置しており、9 個の計測点のフォーカス位置がそれぞれ独立に、図 1 の AF センサー 2 5 A 2 と同じ構成の AF センサーにより計測されている。本実施例では、ウエハ 1 5 を X 方向に走査するときには、露光領域 1 6 内の計測点 P A 1 ~ P A 3 、及び走査方向に手前の計測点 P B 1 ~ P B 3 でのフォーカス信号の計測値を使用し、ウエハ 1 5 を -X 方向に走査するときには、露光領域 1 6 内の計測点 P A 1 ~ P A 3 、及び走査方向に手前の計測点 P C 1 ~ P C 3 でのフォーカス信号の計測値を使用する。

【0033】以下では、図 3 に示すようにウエハ 1 5 を X 方向に走査する、即ちレチクル 7 を -X 方向に走査するものとして説明する。先ず、露光領域 1 6 内の中央部でのウエハ 1 5 のフォーカス位置を結像面に合致させるためのオートフォーカス機構につき説明する。この場合、図 3 に示すように、露光領域 1 6 内の中央部の計測点 P A 2 でのフォーカス位置、及び計測点 P A 2 に対して走査方向（X 方向）に手前側の計測点 P B 2 でのフォーカス位置をそれぞれ AF センサー 2 5 A 2 及び 2 5 B 2 で計測し、AF センサー 2 5 A 2 及び 2 5 B 2 からの光電変換信号をそれぞれ増幅器 3 2 A 2 及び 3 2 B 2 を通してフォーカス信号 S A 2 及び S B 2 を得る。フォーカス信号 S A 2 及び S B 2 は、それぞれ計測点 P A 2 及び P B 2 のフォーカス位置（Z 方向の位置）の結像面からのずれ量に対応する信号である。

【0034】この際に、検出系及びサーボ系に位相遅れが無く応答周波数の限界が無いものとすると、フォーカス信号 S B 2 及び S A 2 は、それぞれ図 4 (a) の実線

の曲線 3 4 B 及び図 4 (b) の実線の曲線 3 4 A で示すように、ウエハ 1 5 の露光面の凹凸を忠実に再現する。しかしながら、実際には、検出系及びサーボ系の位相遅れ及び応答周波数により、フォーカス信号 S B 2 及び S A 2 は、それぞれ図 4 (a) の点線の曲線 3 5 B 及び図 4 (b) の点線の曲線 3 5 A で示すように、ウエハ 1 5 の露光面の凹凸を所定の位相遅れで近似するものとなる。

【0035】図 5 はフォーカス信号 S B 2 及び S A 2 をベクトル表記で表したものであり、ベクトル $\langle S B 2 \rangle$ 及び $\langle S B 2 \rangle$ はそれぞれ図 4 (a) の曲線 3 4 B 及び 3 5 B に対応するフォーカス信号を示し、ベクトル $\langle S A 2 \rangle$ 及び $\langle S A 2 \rangle$ はそれぞれ図 4 (b) の曲線 3 4 A 及び 3 5 A に対応するフォーカス信号を示す。求めるべきは、図 3 の露光領域 1 6 の中央の計測点 P A 2 でのフォーカス位置に対応する位相遅れの無い元のフォーカス信号、即ちベクトル $\langle S A 2 \rangle$ に対応するフォーカス信号である。図 5 より分かるように、ベクトル $\langle S B 2 \rangle$ 及び $\langle S A 2 \rangle$ にそれぞれ重み係数を付けて加算するとベクトル $\langle S D 2 \rangle$ が得られるが、重み係数を調整することにより、ほぼベクトル $\langle S A 2 \rangle$ と合致するベクトル $\langle S D 2 \rangle$ を求めることができる。実際には、そのベクトル加算は、時間軸上でフォーカス信号 S B 2 及び S A 2 を重み付け加算することにより実行される。

【0036】図 6 は、そのようにフォーカス信号の重み付け加算を行うための面位置算出系 3 3 の一例を示し、図 6において、フォーカス信号 S A 2 及び S B 2 には、面位置算出系 3 3 内の乗算器 3 6 A 2 及び 3 6 B 2 によりそれぞれ重み係数 K 1 及び K 2 が掛けられる。そして、乗算器 3 6 A 2 及び 3 6 B 2 の出力信号が加算器 3 7 D 2 で加算されてフォーカス信号 S D 2 が得られ、このフォーカス信号 S D 2 が面位置算出系 3 3 からウエハ駆動系 2 4 に供給される。ウエハ駆動系 2 4 は、フォーカス信号 S D 2 が 0 になるように、Z レベリングステージ 1 9 の 3 個の支点 1 8 A ~ 1 8 C の Z 方向への伸縮量を並行に調整する。これにより、ウエハ 1 5 を X 方向に走査して露光を行う際でも、露光領域 1 6 内の中央の計測点 P A 2 でのフォーカス位置が結像面に合致した状態に維持される。

【0037】この際に、重み係数 K 1 及び K 2 の値は、ウエハ 1 5 の X 方向への走査速度 V_w 、ウエハ 1 5 上での露光領域（レチクルパターンの投影領域）1 6 の走査方向の幅 D 、及び計測点 P A 2 と計測点 P B 2 との走査方向の間隔 d により決定される。実際には、例えば重み係数 K 1 及び K 2 の値を種々に設定して、ウエハ 1 5 のテストプリントを行い、露光後のデフォーカス量が最も小さくなるときの重み係数 K 1 及び K 2 の値を使用すればよい。

【0038】次に、本例でウエハ 1 5 のオートフォーカ

ス及びオートレベリングを行う場合の制御系の構成及び動作につき説明する。図7はこの場合の面位置算出系33及びウエハ駆動系24の構成の一例を示し、この図7において、露光領域16内の計測点のフォーカス位置を検出する3個のAFセンサー25A1～25A3、及びこれら計測点の走査方向に手前側の計測点のフォーカス位置を検出する3個のAFセンサー25B1～25B3が使用される。AFセンサー25A1～25A3、25B1～25B3からの光電変換信号はそれぞれ増幅器32A1～32A3、32B1～32B3を介してフォーカス信号として面位置算出系33内のマルチブレクサ38に供給される。増幅器32A1～32A3、32B1～32B3では、入力された光電変換信号から外乱光等によるノイズ成分が除去され、信号成分のコンディショニングが行われている。マルチブレクサ38には、図2(a)の3個の計測点P C 1～P C 3に対応するフォーカス信号も供給されているが、この場合には使用しないで表示を省略している。

【0039】マルチブレクサ38は、増幅器32A1～32A3、32B1～32B3からのフォーカス信号を時分割的に順次アナログ/デジタル(A/D)変換器39に供給し、A/D変換器39からのデジタル化されたフォーカス信号は順次主制御系13内のメモリに記憶される。主制御系13内では供給されたフォーカス信号の内から選択されたフォーカス信号に対して、図6の回路と同様に重み付け加算を実行して基準となるフォーカス信号を生成すると共に、現在の露光領域16内のウエハ15の露光面の各点でのフォーカス信号から、最小自乗法によりその露光領域16内の露光面の平均的な面を求める。そして、主制御系13は、基準となるフォーカス信号、及び平均的な面の傾斜角から、露光領域16内のウエハ15の露光面を結像面に合致させるため、Zレベリングステージ19の3個の支点18A～18Cの伸縮量を算出して、これら3個の伸縮量の情報をウエハ駆動系24内のデジタル/アナログ(D/A)変換器40に供給する。

【0040】ウエハ駆動系24では、D/A変換器40からの伸縮量を示す信号がデマルチブレクサ41に供給され、デマルチブレクサ41から出力される3個の伸縮量を示す信号がそれぞれサーボアンプ42A～42Cを介してZレベリングステージ19の支点18A～18Cに供給される。そして、支点18A～18Cの伸縮量が調整され、ウエハ15の露光面のフォーカス位置及び傾斜角が調整される。このウエハ15のフォーカス位置がAFセンサー25A1～25A3、25B1～25B3により検出されてフィードバックされ、図7の系の全体が閉ループのサーボ系として機能する。これにより、露光領域16内のウエハ15の露光面の平均的な面が結像面に合致するように制御される。

【0041】なお、上述実施例では、図2(a)に示す

よう、露光領域16及びこの近傍に3列で合計9個の計測点が設定されているが、4列以上で9個以上の計測点を設定してもよい。また、例えば図2(b)に示すように、露光領域16内に4個の計測点QA1～QA4を設定し、これら一列の計測点の手前側に計測点QA1～QA4とは非走査方向(Y方向)の位置を変えて5個の計測点QB1～QB5を設定してもよい。この場合、計測点QB1～QB5を通る直線上で、計測点QA1とY方向の位置が同じ計測点QB6でのフォーカス位置が必要な場合には、例えば両側の計測点QB1及びQB2でのフォーカス位置の平均値等でデータを内挿してもよい。

【0042】なお、上記実施例においてフォーカス合わせのみを行うときは、走査方向に関して所定間隔だけ離れた少なくとも2つの計測点を設定すればよく、1次元(又は2次元)のレベリング合わせまで行うときは少なくとも2組、即ち4つの計測点(又は少なくとも3組、即ち6つの計測点)を設定すればよい。ただし、2次元のレベリングを行うときは、露光領域内の少なくとも3つの計測点が同一直線上に並ばないように設定する必要がある。

【0043】また、上述実施例は本発明を投影光学系を載置した投影露光装置に適用したものであるが、それ以外に例えば、反射式の投影露光装置、プロキシミティ方式の露光装置、又はコンタクト方式の露光装置にも本発明を適用することができる。更に、露光装置以外、例えば検査装置や加工装置であっても移動体の高さや傾きを検出するものであれば、本発明を適用して同様の効果を得ることができる。また、例えば図1の面位置算出系33はハードウエア、ソフトウエアの何れで構成してもよい。このように本発明は上述実施例に限定されず、本発明の要旨を免脱しない範囲で種々の構成を取り得る。

【0044】

【発明の効果】本発明によれば、露光領域内の計測点及び先行する計測点で検出された高さに対応する信号を重み係数を付けて加算して基準点での高さに対応する信号を求めていたため、ステップ・アンド・スキャン方式を始めとする走査型の露光装置において、移動している基板(ウエハ等)の露光面のその基準点でのフォーカス位置(高さ)を正確に検出してサーボ系にフィードバックできる利点がある。

【0045】また、高さ検出手段で検出対象となる複数の計測点を基板の走査方向に平行な異なる複数の直線上に分布する3個以上の計測点として、その高さ検出手段により検出されたそれら複数の計測点の高さに対応する信号を最小自乗法で処理してその基板の露光面の面形状を算出するようにした場合には、移動している基板の露光面の平均的な面の傾斜角を正確に検出してサーボ系にフィードバックできる利点がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による位置検出装置の一実施例が適用された投影露光装置の全体を示す概略構成図である。

【図2】(a)は図1のウエハ15上の計測点の配置の一例を示す図、(b)はその計測点の配置の他の例を示す図である。

【図3】ウエハ15を所定の方向に走査する場合のAFセンサーによるフォーカス位置の検出動作の説明に供する模式図である。

【図4】(a)は図3のAFセンサー25B2によるフォーカス信号を示す波形図、(b)は図3のAFセンサー25A2によるフォーカス信号を示す波形図である。

【図5】図4のフォーカス信号をベクトル表記した状態を示す図である。

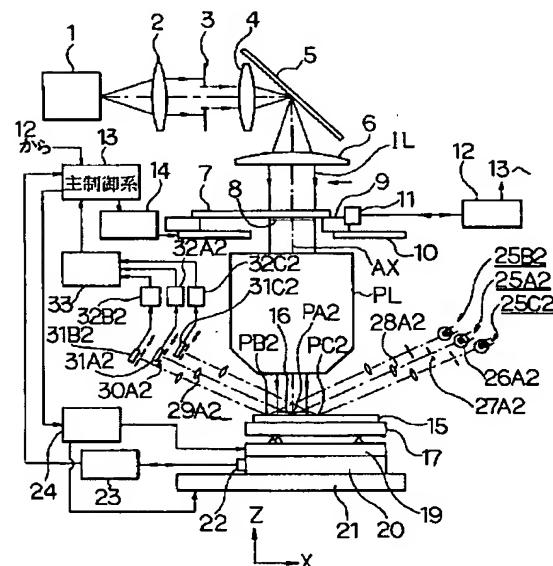
【図6】実施例のオートフォーカス機構の一例を示す要部の構成図である。

【図7】実施例のオートフォーカス機構及びオートレベリング機構の他の例を示す要部の構成図である。

【符号の説明】

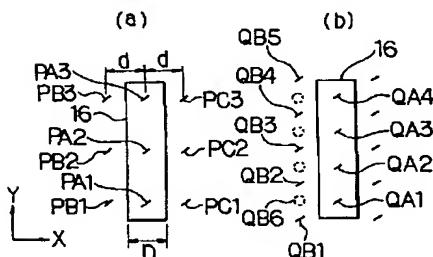
- 3 レチクルブラインド
- 7 レチクル
- PL 投影光学系
- 13 主制御系
- 15 ウエハ
- 16 露光領域
- 18A~18C 支点
- 19 Zレベリングステージ
- 20 XYステージ
- 23 ウエハ側のレーザ干渉計
- 24 ウエハ駆動系
- 25A1~25A3, 25B1~25B3 AFセンサー
- PA1~PA3, PB1~PB3, PC1~PC3 計測点
- 32A1~32A3, 32B1~32B3 増幅器
- 33 面位置算出系

【図1】

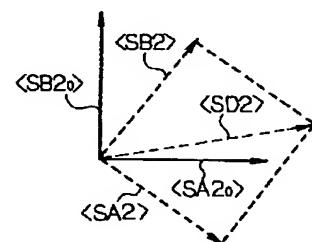


【図3】

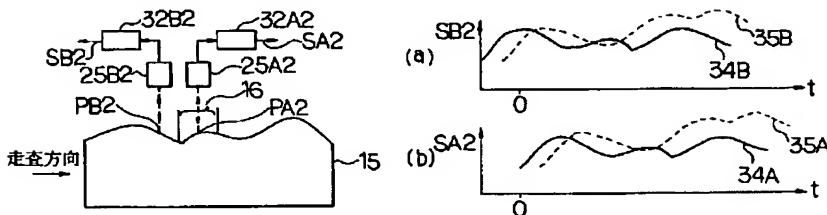
【図2】



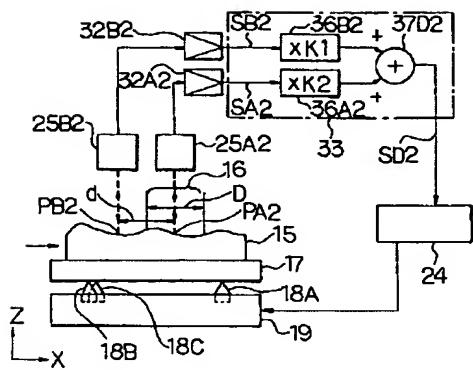
【図5】



【図4】



[图 6]



【图7】

